

证 明

本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

申 请 日： 2003 03 27

申 请 号： 03 1 14067.X

申 请 类 别： 发明

发明创造名称： 一种场发射元件

申 请 人： 清华大学；鸿富锦精密工业（深圳）有限公司

发明人或设计人：刘亮；范守善

中华人民共和国
国家知识产权局局长

王 景 川

2003 年 5 月 19 日

权 利 要 求 书

1.一种场发射元件,其包括一导电阴极及一碳纳米管阵列,该碳纳米管阵列通过化学气相沉积法制得,其包括一生长顶端及一生长根部,其特征在于该碳纳米管阵列生长顶端与该导电阴极电连接,该生长根部完全裸露,作为该场发射元件的电子发射端。

2.如权利要求1所述的一种场发射元件,其特征在于该场发射元件还包括一绝缘隔离板,该绝缘隔离板的上表面与该导电阴极相连接。

3.如权利要求3所述的一种场发射元件,其特征在于该绝缘隔离板的制作方法包括镀膜、印刷或直接采用现成的薄板。

4.如权利要求3所述的一种场发射元件,其特征在于该绝缘隔离板的厚度为 $5\mu\text{m}\sim 10\text{mm}$,优选厚度范围为 $10\sim 500\mu\text{m}$ 。

5.如权利要求3所述的一种场发射元件,其特征在于该绝缘隔离板材料包括高温玻璃,涂敷绝缘层的金属、硅、氧化硅、陶瓷或云母。

6.如权利要求3所述的一种场发射元件,其特征在于该绝缘隔离板上有一导电栅极。

7.如权利要求6所述的一种场发射元件,其特征在于该导电栅极的材料为金属或合金。

8.如权利要求1所述的一种场发射元件,其特征在于该碳纳米管的电子发射端均开口。

9.如权利要求1所述的一种场发射元件,其特征在于该导电阴极的沉积方法包括电子束蒸发法、热蒸发法或溅射法。

10.如权利要求1所述的一种场发射元件,其特征在于该导电阴极的材料为金属或合金。

说明书

一种场发射元件

【技术领域】

本发明关于一种场发射元件，尤指一种利用碳纳米管的场发射元件。

【背景技术】

由于碳纳米管以其优良的导电性能，完美的晶格结构，纳米尺度的尖端等特性成为优良的场发射阴极材料，具体参见 Walt A. de Heer 等人在 Science 270, 1179-1180 (1995), A Carbon Nanotube Field-Emission Electron Source 一文，另外，美国专利第 6,232,706 号揭示了一利用碳纳米管的场发射元件，该专利所揭示的场发射元件包括一基底，沉积于基板上的催化剂，以及从催化剂上长出的一束或多束相互平行且垂直于基底的碳纳米管阵列。

碳纳米管的场发射特性在场发射平面显示器件、电真空器件、大功率微波器件等领域有着广阔的应用前景。2001 年 3 月 7 日公开的申请号为 00121140 的一件中国专利“利用碳纳米管的场发射显示装置及其制造方法”中揭示利用碳纳米管作为场发射显示器的电子发射源，请参阅图 8，碳纳米管 90 用作发射尖端，其通过超声振动，外加电压等方法喷射进细孔 80，故，该方法无法确保该碳纳米管 90 的高度及其顶端平整性。

利用化学气相沉积(CVD)方法可以容易地在硅片、玻璃等基板上生长出位置、取向、高度都确定的碳纳米管阵列，具体参见范守善等人的 Science 283, 512-514(1999), Self-oriented regular arrays of carbon nanotubes and their field emission properties 一文，点阵的尺寸可以通过半导体光刻工艺控制催化剂薄膜达到很高的制造精度，美国专利第 6,525,453 号揭示了一种利用薄膜晶体管(TFT)来控制碳纳米管电子发射的场发射显示器。

然而优化碳纳米管阵列的平面场发射性能必须采用三级型结构，在该结构中为达到电子发射的均匀性，作为阴极的碳纳米管阵列需要在大面积上确保微米量级的均匀性，而 CVD 生长工艺要达到大面积均匀相当困难；如图 9 所示的碳纳米管阵列扫描显微照片显示，碳纳米管阵列顶端极不平整，相当凌乱，此外，碳纳米管阵列的表面夹杂少量杂乱分布的催化剂颗粒和无定形碳等杂质，这些因素的存在将导致碳纳米管场发射性能的不稳定和不均

匀，影响了碳纳米管阵列的场发射性能。

【发明内容】

本发明要解决的一个技术问题是提供一种碳纳米管阵列表面平整且阵列高度可控的碳纳米管场发射元件。

为解决上述技术问题，本发明揭示一种碳纳米管场发射元件，其包括一导电阴极，一碳纳米管阵列，该碳纳米管阵列通过化学气相沉积法制得，其包括一生长顶端及一生长根部，其特征在于该碳纳米管阵列生长顶端与该导电阴极电连结，该生长根部完全裸露，作为场发射元件的电子发射端。

与现有技术中碳纳米管场发射元件的发射端表面参差不齐相比，本发明通过反向制程的方法制得的场发射元件在大面积上保持碳纳米管阵列发射端端部平整且其高度在微米量级可控，极大的降低了碳纳米管场发射元件电子发射的不均性，提高了场发射元件的场发射性能。

【附图说明】

图 1 是本发明多孔工作模板的示意图。

图 2 是工作模板上制作一绝缘隔离板的示意图。

图 3 是工作模板上沉积一催化剂层的示意图。

图 4 是催化剂层上长出碳纳米管阵列的示意图。

图 5 是碳纳米管阵列的顶端沉积有导电阴极的示意图。

图 6 是图 5 所示结构去掉工作模板后的场发射元件示意图。

图 7 是图 6 所示场发射元件的绝缘隔离板上沉积导电栅极的示意图。

图 8 是现有的场发射显示装置示意图。

图 9 是碳纳米管阵列的显微照片。

【具体实施方式】

下面结合图 1-7 介绍本发明的场发射元件的制造方法

请参阅图 1，首先提供一工作模板 10，该工作模板 10 带微小气孔 12，该微小气孔 12 可确保后续工艺中工作模板 10 容易脱附。该工作模板 10 表面平整度要求在 $1\mu\text{m}$ 以下，材料要求耐受 700°C 左右碳纳米管生长的温度，本实施方式选用多孔硅作为工作模板 10。

请参阅图 2，在工作模板 10 上制作一绝缘隔离板 20，本实施方式采用镀膜的方式制作厚度为 $200\mu\text{m}$ 的该绝缘隔离板 20，该绝缘隔离板 20 的制作

方法除镀膜方式之外，还可采用印刷或直接采用现成的薄板，采用现成的薄板则需要面向工作模板 10 一面的平整度在 1 微米以下。此绝缘隔离板 20 的厚度根据碳纳米管阵列生长需要而定，其厚度范围可为 $5\mu\text{m} \sim 10\text{mm}$ ，优选厚度范围为 $10 \sim 500\mu\text{m}$ 。绝缘隔离板 20 的材料应能够耐受 700°C 左右的碳纳米管生长温度，可从下列材料中选取：高温玻璃、涂敷绝缘层的金属、硅、氧化硅、陶瓷或云母。该绝缘隔离板 20 的作用是提供碳纳米管生长的空间。

请参阅图 3，通过电子束蒸发法在工作模板 10 上沉积一催化剂层 30，沉积厚度为 5nm ，一般要求催化剂层沉积厚度为 $1 \sim 10\text{nm}$ ，优选厚度为 $4 \sim 6\text{nm}$ ，沉积方式还可采用热蒸发或者溅射法，催化剂材料可为 Fe、Co、Ni 等过渡元素金属或其合金，本实施方式选用 Fe 为催化剂。

请参阅图 4，将图 3 所示的催化剂层 30 在 $200^\circ\text{C} \sim 400^\circ\text{C}$ 的高温下退火，使催化剂 30 氧化、收缩成为纳米级催化剂颗粒(图未示)，再将工作模板 10 置于反应炉(图未示)中，在保护气体氩气的保护下，通入碳源气乙炔，利用热化学气相沉积法，即 CVD 法，在 $600 \sim 700^\circ\text{C}$ 温度下生长碳纳米管阵列 40，通常所生长的碳纳米管阵列 40 的高度需要与绝缘隔离板 20 高度大致相当，本实施方式中所生长的碳纳米管阵列 40 的顶端 42 略高于绝缘隔离板 20 的上表面 22。

请参阅图 5，在碳纳米管顶端 42 沉积导电电极 50，沉积的方法可采用电子束蒸发法、热蒸发法或溅射法等，所沉积的导电阴极 50 与绝缘隔离板 20 的上表面 22 相接触。本实施方式将采用电子束蒸发法沉积金属铜作为导电阴极 50，直至碳纳米管阵列 40 的顶端 42 完全被铜覆盖，导电阴极 50 的材料可选用任何金属或合金。

请参阅图 6，将图 5 所示的结构翻转，并将工作模板 10 去除，使碳纳米管阵列 40 的生长根部 44 完全裸露，再通过激光轰击的方式将碳纳米管阵列 40 的生长根部 44 粘有的催化剂颗粒铁去除，得到一平齐、整洁、有序的碳纳米管生长根部 44，该碳纳米管阵列 40 的生长根部 44 的平整性与工作模板 10 的表面一致，平整度在 $1\mu\text{m}$ 以下，作为场发射的电子发射端，具有优良的均匀性，且该生长根部 44 均完全开口。

请参阅图 7，于该绝缘隔离板 20 的上表面 22 沉积一层导电栅极 60，该导电栅极 60 的沉积方式可采用电子束蒸发法、热蒸发法或溅射法等方式，

导电栅极 60 的材料与导电阴极 50 的要求相同,材料可选用任何金属或合金。本实施方式选用电子束蒸发沉积金属铜作为导电栅极 60。

再请参阅图 6,依前述描述的步骤,本发明所揭示的场发射元件包括一导电阴极 50,一碳纳米管阵列 40,该碳纳米管阵列 40 包括一顶端 42 及一生长根部 44,其中该顶端 42 植入导电阴极 50 并与该导电阴极 50 形成电连结,该平齐、整洁、有序的碳纳米管阵列 40 的生长根部 44 裸露。其中该绝缘隔离板 20 为一辅助性元件,提供碳纳米管阵列 40 的生长空间。

本发明利用碳纳米管阵列 40 的根部 44 作为场发射元件的电子发射端,相较先前场发射元件利用 CVD 方法生长的碳纳米管阵列 40 的顶端作为场发射的电子发射端,碳纳米管阵列的生长根部 44 相较端部 42 更加平齐、整洁、有序,可以极大改善碳纳米管端部 42 发射电子的不稳定和不均匀。

说明书附图

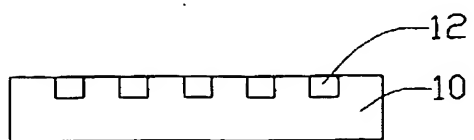


图 1

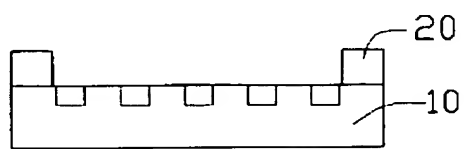


图 2

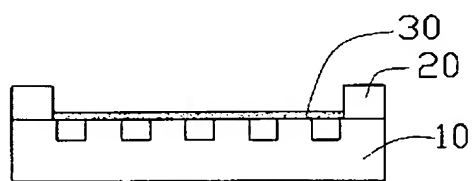


图 3

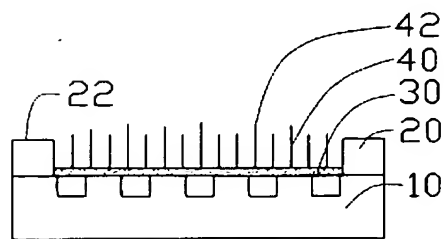


图 4

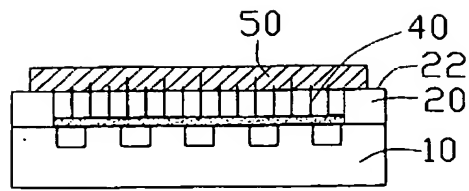


图 5

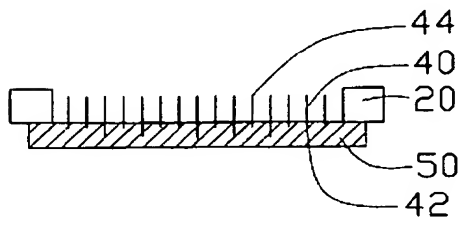


图 6

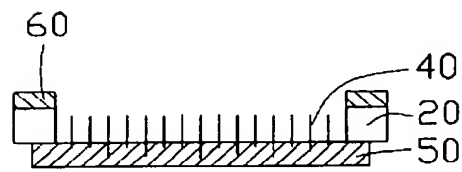


图 7

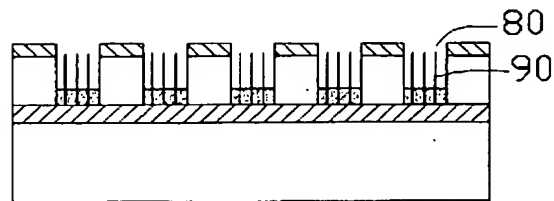


图 8

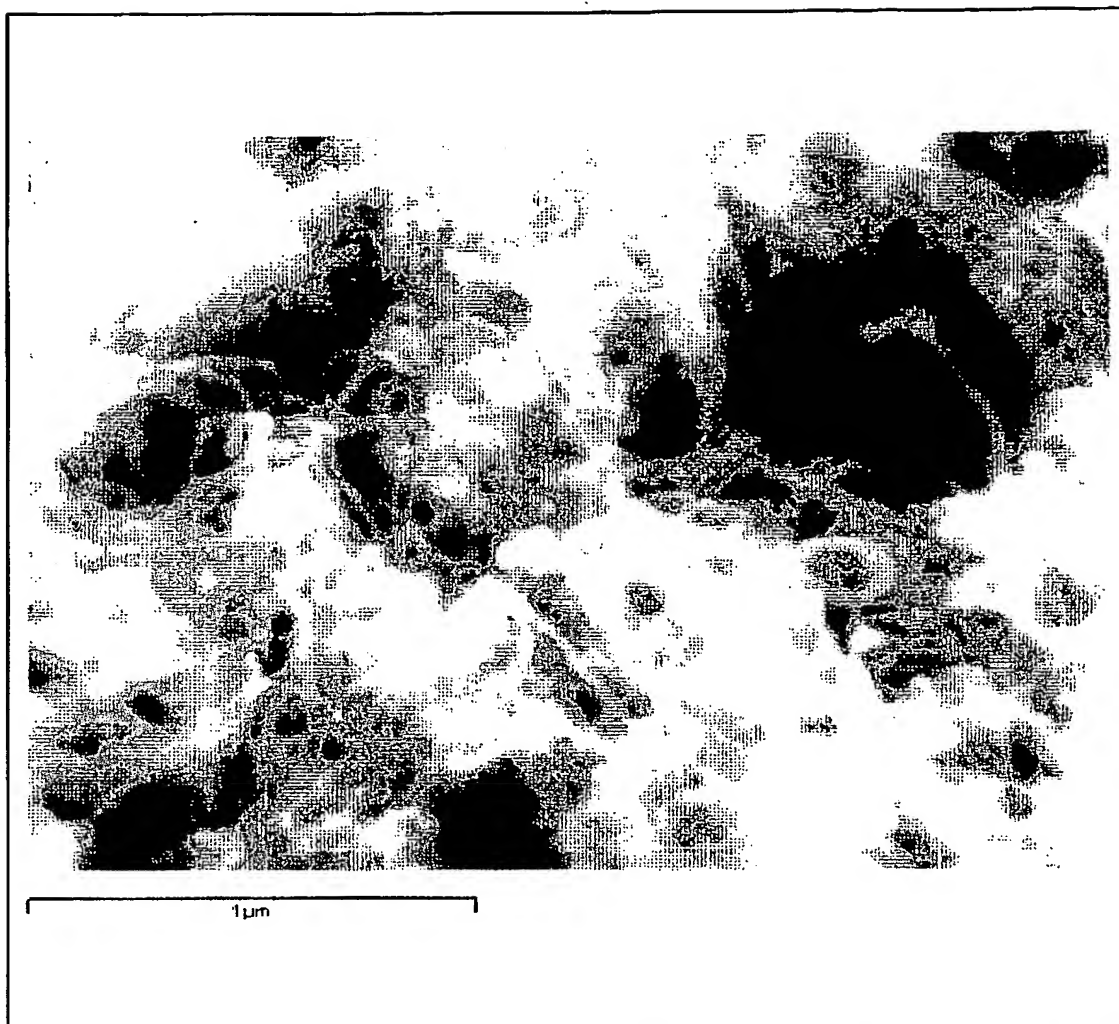


图 9